



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 298 446 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.2003 Patentblatt 2003/14

(51) Int Cl.7: G01R 33/56

(21) Anmeldenummer: 02020968.0

(22) Anmeldetag: 19.09.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder: Vester, Markus, Dr.
90471 Nürnberg (DE)

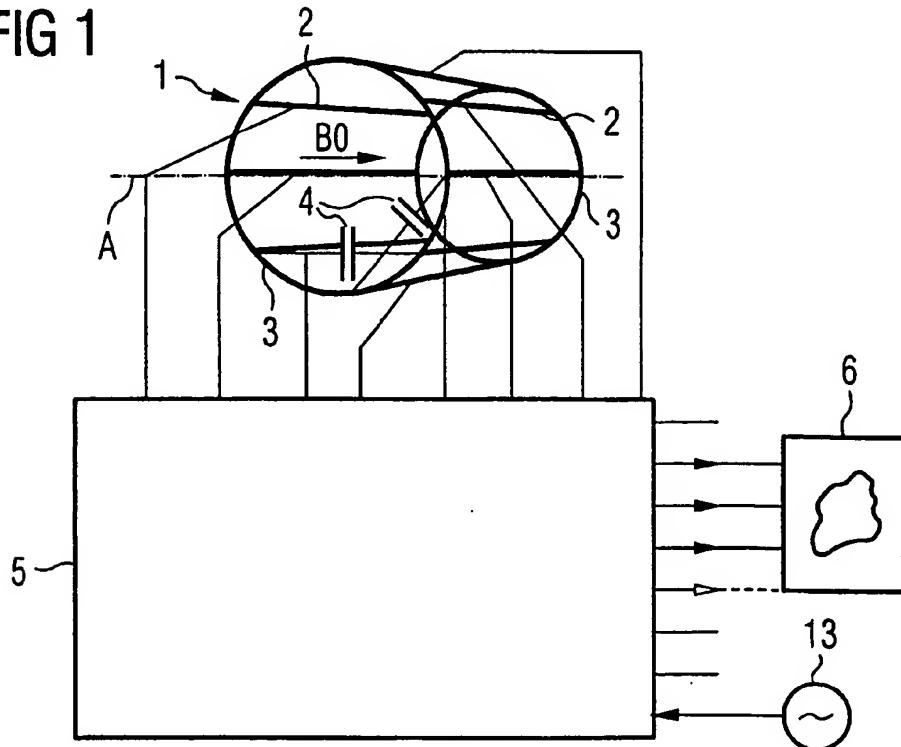
(30) Priorität: 01.10.2001 DE 10148445

(54) Signal auswerteverfahren für Magnetresonanz-Empfangssignale und hiermit korrespondierende Empfangsanordnung

(57) Von mehreren Antennenelementen (2) einer Arrayantenne (1) für eine Magnetresonanzanlage werden aus einem Empfangsvolumen Empfangssignale geliefert. Die Empfangssignale werden in einer Grundkombination (GK) und in einer Anzahl von Zusatzkom-

binationen (ZK1, ZK2) miteinander kombiniert, die orthogonal zueinander sind und gleichsinnig zirkular polarisierte Magnetresonanzsignalkomponenten enthalten. Zur Bildrekonstruktion werden mindestens zwei Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) herangezogen.

FIG 1



EP 1 298 446 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Signal-auswerteverfahren für von mehreren Antennenelementen einer Arrayantenne für eine Magnetresonanzanlage aus einem Empfangsvolumen gelieferte Empfangssignale, wobei die Empfangssignale in einer Grundkombination miteinander kombiniert werden, so dass die Grundkombination ein zirkular polarisiertes Magnetresonanzsignal wiedergibt und die Grundkombination zur Bildrekonstruktion herangezogen wird.

[0002] Hiermit korrespondierend betrifft die vorliegende Erfindung auch eine Empfangsanordnung für eine Magnetresonanzanlage mit einer Arrayantenne mit mehreren Antennenelementen, mittels derer aus einem Empfangsvolumen Empfangssignale empfangbar sind, wobei die Empfangssignale einem Kombinationselement zuführbar sind, von dem die Empfangssignale in einer Grundkombination miteinander kombinierbar sind, die ein zirkular polarisiertes Magnetresonanzsignal wiedergibt, wobei die Grundkombination einem Bildrekonstruktionselement zuführbar ist, von dem die Grundkombination zur Bildrekonstruktion heranziehbar ist.

[0003] Derartige Signalauswerteverfahren und die korrespondierenden Empfangsanordnungen sind allgemein bekannt. Insbesondere die sogenannten birdcage-Resonatoren und die loop-butterfly-Elemente arbeiten nach diesem Prinzip.

[0004] Bei der Auswertung von Magnetresonanzsignalen ist allgemein ein sehr gutes Signal-Rausch-Verhältnis erforderlich. Um dieses gute Signal-Rausch-Verhältnis zu erzielen, werden im Stand der Technik oftmals mehrere Empfangssignale ausgewertet.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Signalauswerteverfahren und eine hiermit korrespondierende Empfangsanordnung zu schaffen, mittels denen bei möglichst geringem Aufwand ein optimales Signal-Rausch-Verhältnis erzielbar ist.

[0006] Die Aufgabe wird für das Signalauswerteverfahren dadurch gelöst, dass die Empfangssignale auch in einer Anzahl von Zusatzkombinationen miteinander kombiniert werden, wobei alle Kombinationen orthogonal zueinander sind, die Zusatzkombinationen gleichsinnig zur Grundkombination orientierte zirkular polarisierte Magnetresonanzsignalkomponenten enthalten und zur Bildrekonstruktion mindestens zwei Kombinationen herangezogen werden.

[0007] Für die Empfangsanordnung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Empfangssignale von dem Kombinationselement auch in einer Anzahl von Zusatzkombinationen miteinander kombinierbar sind, die Kombinationen orthogonal zueinander sind und die Zusatzkombinationen gleichsinnig zur Grundkombination orientierte zirkular polarisierte Magnetresonanzsignalkomponenten enthalten, wobei die Kombinationen ebenfalls dem Bildrekonstruktionselement zuführbar sind und zusätzlich zur Grundkombination mindestens

5 eine der Zusatzkombinationen vom Bildrekonstruktionselement zur Bildrekonstruktion heranziehbar ist.

[0008] Aufgrund der Orthogonalität der Kombinationen ist das Rauschen in den einzelnen Kombinationen unkorreliert. Die einzelnen Kombinationen sind also ohne weiteres quadratisch addierbar. Die Orthogonalität zweier Kombinationen ist dabei dadurch definiert, dass sie innerhalb des Empfangsvolumens die Gleichung

10

$$\int \sigma E_1 E_2 dV = 0$$

15 erfüllen, wobei σ die Leitfähigkeit von menschlichem Gewebe ist und E_1 und E_2 die von je einer der Kombinationen induzierten elektrischen Felder wären, wenn die Antennenelemente in dieser Kombination senden würden.

[0009] Die Kombinationen weisen in der Regel voneinander verschiedene Empfangssensitivitäten auf. Das Signal-Rausch-Verhältnis kann daher optimiert werden, wenn die Kombinationen zur Bildrekonstruktion mit ihrer jeweiligen Empfangssensitivität gewichtet herangezogen werden.

[0010] Wenn die Grundkombination im Zentrum des Empfangsvolumens eine von Null verschiedene Empfangssensitivität aufweist, ergibt sich insbesondere im Zentrum des Empfangsvolumens eine gute Bildrekonstruktion.

[0011] Wenn die Grundkombination im Empfangsvolumen eine im wesentlichen ortsunabhängige Empfangssensitivität aufweist, ist sogar unabhängig von der Anzahl der zur Bildrekonstruktion herangezogenen Zusatzkombinationen stets eine Bildrekonstruktion über das gesamte Empfangsvolumen möglich.

[0012] Die Zusatzkombinationen weisen in der Regel im Zentrum des Empfangsvolumens eine Empfangssensitivität von Null auf. Mit ihnen sind daher insbesondere die Randbereiche des Empfangsvolumens gut rekonstruierbar. Dies gilt ganz besonders, wenn die Zusatzkombinationen im Empfangsvolumen eine bezüglich einer Symmetriechse radial ansteigende Empfangssensitivität aufweisen. Die Empfangssensitivität einer der Zusatzkombinationen sollte dabei im wesentlichen linear mit dem Abstand des betrachteten Ortes von der Symmetriechse ansteigen.

[0013] Die Empfangssignale können beispielsweise bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung azimutal erfasst werden. In diesem Fall müssen mindestens vier Empfangssignale erfasst werden.

[0014] Es ist aber auch möglich, die Empfangssignale bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung oder einer Hochfrequenzfeldrichtung longitudinal zu erfassen. In diesen Fällen ist es ausreichend, wenn mindestens zwei Empfangssignale erfasst werden.

[0015] Die Antennenelemente sollten für alle zur Bildrekonstruktion herangezogenen Kombinationen bei der Larmorfrequenz resonant sein. Hierzu ist es erforder-

lich, dass die Antennenelemente paarweise induktiv-kapazitiv voneinander entkoppelt sind. Die induktiv-kapazitive Entkopplung kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Arrayantenne zu diesem Zweck ein Kondensatornetzwerk aufweist.

[0016] Wenn das Kombinationselement als Butlermatrix ausgebildet ist, ist es auf besonders einfache Weise realisierbar.

[0017] Wenn der Empfangsanordnung ein Sender zugeordnet ist, der über ein Verteilelement mit den Antennenelementen verbunden ist, und ein von dem Sender emittiertes Sendesignal von dem Verteilelement derart auf die Antennenelemente aufteilbar ist, dass in das Empfangsvolumen ein Magnetresonanzanregungssignal eingespeist wird, ist mittels der Arrayantenne auch ein im Empfangsvolumen angeordnetes Objekt zu Magnetresonanzen anregbar.

[0018] Wenn das Verteilelement Bestandteil der Butlermatrix ist, ist der Aufbau des Verteilelements besonders einfach.

[0019] Wenn das Magnetresonanzanregungssignal im Empfangsvolumen eine im wesentlichen ortsunabhängige Anregungsintensität aufweist, wird im wesentlichen das gesamte Empfangsvolumen dem Magnetresonanzanregungssignal ausgesetzt.

[0020] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

FIG 1 eine Empfangsanordnung für eine Magnetresonanzanlage,

FIG 2 ein Kombinationselement,

FIG 3 Wichtungsfunktionen für Kombinationen,

FIG 4 ein Bildrekonstruktionselement,

FIG 5 eine weitere Empfangsanordnung für eine Magnetresonanzanlage,

FIG 6 weitere Wichtungsfunktionen und

FIG 7 eine weitere Empfangsanordnung.

[0021] Gemäß FIG 1 weist eine Empfangsanordnung für eine Magnetresonanzanlage eine Arrayantenne 1 mit mehreren Antennenelementen 2 auf. Die Arrayantenne 1 gemäß FIG 1 ist als sogenannter birdcage-Resonator ausgebildet. Die Antennenelemente 2 werden somit durch die parallel zueinander verlaufenden Käfigstäbe des birdcage-Resonators gebildet. Sie sind er-sichtlich bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung B_0 azimutal angeordnet.

[0022] Gemäß FIG 1 weist die Arrayantenne 1 z. B. acht Antennenelemente 2 auf, die um eine Symmetrieachse A herum angeordnet sind. Prinzipiell könnte sie aber auch mehr oder weniger Antennenelemente 2 aufweisen. Aufgrund der Anzahl der Antennenelemente 2 und deren Anordnung werden also gemäß FIG 1 mindestens vier Empfangssignale bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung B_0 , die parallel zur Symmetrieachse A ist, azimutal erfasst.

5 [0023] Die Antennenelemente 2 sind gemäß FIG 1 durch Abschlussringe 3 miteinander verbunden. Der so gebildete Zylinder definiert ein Empfangsvolumen, aus dem die Antennenelemente 2 ihre Empfangssignale empfangen.

[0024] In den Antennenelementen 2 und/oder den Abschlussringen 3 sind in der Regel Kondensatoren angeordnet, die der Resonanzabstimmung der Antennenelemente 2 dienen. Diese Kondensatoren sind in FIG 1 der Übersichtlichkeit halber nicht mit eingezzeichnet. Eingezeichnet sind aber zwei Kondensatoren 4 eines Kondensatornetzwerks. Mittels dieser beiden Kondensatoren 4 und der übrigen Kondensatoren des Kondensatornetzwerks wird erreicht, dass auch Antennenelemente 2, die nicht unmittelbar benachbart sind, induktiv-kapazitiv voneinander entkoppelt sind. Somit können alle Antennenelemente 2 paarweise induktiv-kapazitiv voneinander entkoppelt werden, unabhängig davon, ob sie nun unmittelbar benachbart sind oder nicht.

10 [0025] Die von den Antennenelementen 2 empfangenen Empfangssignale werden einem Kombinationselement 5 zugeführt. Das Kombinationselement 5 ist dabei als sogenannte Butlermatrix ausgebildet. Es weist somit eine Anzahl von Verzögerung- und Additionselementen auf. Am Ausgang jeder Zeile der Butlermatrix 5 steht hierdurch eine Summe aller Empfangssignale an, wobei jedes Empfangssignal einer Spalte der Butlermatrix 5 zugeführt wird und dort einer spalten- und zeilenspezifischen Verzögerung unterzogen wird.

15 [0026] Die Verzögerungen der einzelnen Matrixelemente - bezogen auf die Larmorfrequenz - sind in FIG 2 dargestellt. Ersichtlich entsprechen die Verzögerungen einer analogen Fourierentwicklung der Empfangssignale.

20 [0027] Das Kombinationselement 5 bildet somit eine Anzahl von Kombinationen der Empfangssignale. Durch die in FIG 2 angegebenen Phasenverzögerungen ist dabei gewährleistet, dass alle Kombinationen orthogonal zueinander sind. Die der obersten Zeile der Butlermatrix 5 zugeordnete Kombination ergibt kein auswertbares Signal. Die an den Zeilen 2 bis 4 anstehenden Kombinationen sind (rein) gleichsinnig zirkular polarisiert. Die an der fünften Zeile anstehende Kombination ist linear polarisiert. Sie enthält somit (noch) eine Magnetresonanzsignalkomponente, die gleichsinnig mit den an den Zeilen 2 bis 4 anstehenden Kombinationen zirkular polarisiert ist. Die an den letzten drei Zeilen anstehenden Kombinationen sind untereinander wieder gleichsinnig zirkular polarisiert, aber zu den Kombinationen der Zeilen 2 bis 4 gegensinnig zirkular polarisiert.

25 [0028] Die an der zweiten Zeile der Butlermatrix 5 anstehende Kombination, nachstehend Grundkombination GK genannt, weist eine im wesentlichen ortsunabhängige (homogene) Empfangssensitivität auf. Insbesondere im Zentrum des Empfangsvolumens weist sie somit ebenfalls eine von Null verschiedene Empfangssensitivität auf. Die Empfangssensitivität der Grundkombination GK ist in FIG 3 eingezeichnet.

[0029] Die an Zeile 3 anstehende Kombination, nachfolgende erste Zusatzkombination ZK1 genannt, weist eine Empfangssensitivität auf, die im Empfangsvolumen bezüglich der Symmetriearchse A von radial innen nach radial außen im wesentlichen linear ansteigt. Im Zentrum des Empfangsvolumens beträgt die Empfangssensitivität der ersten Zusatzkombination ZK1 Null. Auch die Empfangssensitivität der ersten Zusatzkombination ist in FIG 3 eingezeichnet.

[0030] Die an Zeile 4 abgreifbare Kombination, nachfolgend zweite Zusatzkombination ZK2 genannt, weist eine Empfangssensitivität auf, die im Empfangsvolumen von radial innen nach radial außen im wesentlichen quadratisch ansteigt. Sie weist somit im Zentrum des Empfangsvolumens ebenfalls eine Empfangssensitivität von Null auf. Auch die Empfangssensitivität der zweiten Zusatzkombination ZK2 ist in FIG 3 eingezeichnet.

[0031] Ferner kann noch die in Zeile 5 anstehende Kombination herangezogen werden, deren Empfangssensitivität von radial innen nach radial außen der dritten Potenz ansteigt. Diese Kombination ist im vorliegenden Fall, bei der nur acht Antennenelemente 2 verwendet werden, jedoch kein rein zirkular polarisiertes Magnetresonanzsignal mehr.

[0032] Die Grundkombination GK und die beiden Zusatzkombinationen ZK1, ZK2 werden einem Bildrekonstruktionselement 6 zugeführt, das in FIG 4 detailliert dargestellt ist. Von diesem werden die Grundkombination GK und die beiden Zusatzkombinationen ZK1, ZK2 zur Bildrekonstruktion herangezogen.

[0033] Im Bildrekonstruktionselement 6 werden die einzelnen Kombinationen GK, ZK1, ZK2 gemäß FIG 4 Signalauswertestufen 7 zugeführt. Die Signalauswertestufen 7 rekonstruieren in an sich bekannter Weise jeweils ein Bild eines im Empfangsvolumen angeordneten Objekts. Die Ausgangssignale der Signalauswertestufen 7 werden Multiplikationsstufen 8 zugeführt, denen weiterhin die Ausgangssignale von Wichtungsfunktionsgeneratoren 9 zugeführt werden. Die Wichtungsfunktionsgeneratoren 9 liefern ein Ausgangssignal, das proportional zu den in FIG 3 dargestellten Empfangssensitivitäten ist. In den nachfolgenden Additionsstufen 10 und der Divisionsstufe 11 wird dann der normierte Mittelwert der entsprechend gewichteten Einzelbildrekonstruktionen ermittelt und als Gesamtbild 12 ausgegeben. Die Kombinationen GK, ZK1, ZK2 werden also im Ergebnis zur Bildrekonstruktion mit ihrer jeweiligen Empfangssensitivität gewichtet herangezogen.

[0034] Wie bereits erwähnt, sind die unteren drei Zeilen der Butlermatrix 5 zwar zirkular polarisierte Signale, sie weisen aber für den Empfang den verkehrten Drehsinn auf. Dennoch ist auch eine Nutzung der unteren Zeilen der Butlermatrix 5 möglich. Denn beispielsweise kann der Empfangsanordnung ein Sender 13 zugeordnet sein, dessen Signal in eine Zeile der Butlermatrix 5 eingespeist wird. Die Butlermatrix 5 wirkt in diesem Fall als Verteilelement für ein von dem Sender 13 emittiertes Sendesignal. Durch Einspeisung in eine der unteren

5 drei Zeilen der Butlermatrix 5 wird somit erreicht, dass das Sendesignal von der Butlermatrix 5 derart auf die Antennenelemente 2 aufgeteilt wird, dass in das Empfangsvolumen ein Magnetresonanzanregungssignal eingespeist wird. Bei Einspeisung in die unterste Zeile wird dabei im Empfangsvolumen ein Magnetresonanzanregungssignal mit einer im wesentlichen ortsunabhängigen Anregungsintensität generiert.

[0035] 10 Die vorstehend in Verbindung mit azimuthal bezüglich der Grundmagnetfeldrichtung B0 angeordneten Antennenelementen 2 beschriebene Vorgehensweise ist auch anwendbar, wenn die Antennenelemente 2 bezüglich der Grundmagnetfeldrichtung B0 oder einer Hochfrequenzfeldrichtung B1 longitudinal angeordnet sind.

[0036] 15 Eine Empfangsanordnung, bei der die Empfangssignale bezüglich der Hochfrequenzfeldrichtung B1 longitudinal erfasst werden, ist in FIG 5 dargestellt. Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß den FIG 1 bis 4 werden in diesem Fall lediglich mindestens zwei Antennenelemente 2 benötigt, deren Empfangssignale erfasst werden.

[0037] 20 Durch das in FIG 5 dargestellte Auskoppelnetzwerk 14 werden dabei ebenfalls orthogonale Kombinationen zur Verfügung gestellt, die beide gleichsinnig zirkular polarisierte Magnetresonanzsignalkomponenten enthalten. Die Kombinationen werden Vorverstärker 15 zugeführt. Die dem oberen Vorverstärker 15 zugeführte Kombination, der sogenannte Helmholtz-Mode, entspricht der Grundkombination GK. Ihre Empfangssensitivität ist in FIG 6 dargestellt. Die dem unteren Vorverstärker 15 zugeführte Kombination, der sogenannte "counterrotating-current-Mode" (siehe auch EP 0 256 520 B1), entspricht der ersten und einzigen Zusatzkombination ZK1. Die Empfangssensitivität dieser Kombination ZK1 ist ebenfalls in FIG 6 dargestellt. Ferner mit dargestellt ist die Gesamtsensitivität.

[0038] 25 Der Helmholtz- und der counterrotating-current-Mode werden den Vorverstärkern 15 über das Auskoppelnetzwerk 14 und dessen Kondensatoren 14', 14" zugeführt, das somit auch als Impedanzwandler fungiert. Die Kondensatoren 14' weisen untereinander gleiche Kapazitätswerte auf, ebenso die Kondensatoren 14". Die Kapazitätswerte der Kondensatoren 14' sind aber größer als die der Kondensatoren 14". Dadurch kann das Transformationsverhalten für die beiden Modes voneinander verschieden sein. Das Auskoppelnetzwerk 14 wirkt also auch als modespezifisch ausgelegte Anpassschaltung 14.

[0039] 30 FIG 7 zeigt nun schematisch eine weitere Ausführungsform. In diesem Fall wird ein longitudinal zweigeteilter birdcage-Resonator mit je acht Käfigstäben verwendet. Durch die vorgeschalteten Auskoppelnetzwerke 14 mit nachgeordneten Vorverstärkern 15 werden für jedes longitudinal hintereinander angeordnete Käfigstabpaar ein Helmholtz- und ein counterrotating-current-Mode gebildet. Durch die nachgeordneten Butlermatrizen 5 werden dann die entsprechenden Azimu-

35 40 45 50 55

50 [0039] FIG 7 zeigt nun schematisch eine weitere Ausführungsform. In diesem Fall wird ein longitudinal zweigeteilter birdcage-Resonator mit je acht Käfigstäben verwendet. Durch die vorgeschalteten Auskoppelnetzwerke 14 mit nachgeordneten Vorverstärkern 15 werden für jedes longitudinal hintereinander angeordnete Käfigstabpaar ein Helmholtz- und ein counterrotating-current-Mode gebildet. Durch die nachgeordneten Butlermatrizen 5 werden dann die entsprechenden Azimu-

talmoden gebildet. Bezuglich der Bildung des Helmholtz- und des counterrotating-current-Mode sind bei der Ausführungsform gemäß FIG 7 die Antennenelemente 2 longitudinal bezüglich der Grundmagnetfeldrichtung B0 angeordnet.

[0040] Mit der vorliegenden Erfindung ist mit einer geringst möglichen Anzahl von Signalauswertestufen 7 eine optimale Bildrekonstruktion möglich.

[0041] Insbesondere ist es möglich, die Auskoppelnetzwerke 14 nebst nachgeordneten Additionsstufen 15 und die Butlermatrizen 5 stets vorzusehen und die den Butlermatrizen 5 nachgeordneten Signal auswertestufen 7 nach Bedarf einzusetzen. Somit kann, je nach Erfordernis des Einzelfalls, z. B. nur die Grundkombination GK oder nur die Grundkombination GK und die erste Zusatzkombination ZK1 oder die Grundkombination GK und beide Zusatzkombinationen ZK1, ZK2 ausgewertet werden. Gegebenenfalls kann auch die nur ein linear polarisiertes Magnetresonanzsignal ergebende dritte Zusatzkombination ZK3 mit zur Bildrekonstruktion herangezogen werden.

Patentansprüche

1. Signal auswerteverfahren für von mehreren Antennenelementen (2) einer Arrayantenne (1) für eine Magnetresonanzanlage aus einem Empfangsvolumen gelieferte Empfangssignale,
 - wobei die Empfangssignale in einer Grundkombination (GK) und in einer Anzahl von Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) miteinander kombiniert werden,
 - wobei die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) orthogonal zueinander sind und gleichsinnig zirkular polarisierte Magnetresonanzsignalkomponenten enthalten und
 - wobei zur Bildrekonstruktion mindestens zwei Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) herangezogen werden.
2. Signal auswerteverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) voneinander verschiedene Empfangssensitivitäten aufweisen und dass die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) zur Bildrekonstruktion mit ihrer jeweiligen Empfangssensitivität gewichtet herangezogen werden.
3. Signal auswerteverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundkombination (GK) im Zentrum des Empfangsvolumens eine von Null verschiedene Empfangssensitivität aufweist.
4. Signal auswerteverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

dass die Grundkombination (GK) im Empfangsvolumen eine im wesentlichen ortsunabhängige Empfangssensitivität aufweist.

5. Signal auswerteverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) im Zentrum des Empfangsvolumens eine Empfangssensitivität von Null aufweisen.
6. Signal auswerteverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) im Empfangsvolumen eine bezüglich einer Symmetriearcse (A) radial ansteigende Empfangssensitivität aufweisen.
7. Signal auswerteverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangssensitivität einer (ZK1) der Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) im Empfangsvolumen im wesentlichen linear ansteigt.
8. Signal auswerteverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangssignale bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung (B0) azimutal erfasst werden und dass mindestens vier Empfangssignale erfasst werden.
9. Signal auswerteverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangssignale bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung (B0) oder einer Hochfrequenzfeldrichtung (B1) longitudinal erfasst werden und dass mindestens zwei Empfangssignale erfasst werden.
10. Signal auswerteverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kombinationen (GK, ZK1) mittels einer Anpassschaltung (14) voneinander verschieden transformiert werden.
11. Empfangsanordnung für eine Magnetresonanzanlage mit einer Arrayantenne (1) mit mehreren Antennenelementen (2), mittels derer aus einem Empfangsvolumen Empfangssignale empfangbar sind,
 - wobei die Empfangssignale einem Kombinationselement (5) zuführbar sind,
 - wobei die Empfangssignale von dem Kombinationselement (5) in einer Grundkombination (GK) und in einer Anzahl von Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) miteinander kombinierbar sind,

- wobei die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) orthogonal zueinander sind und gleichsinnig zirkular polarisierte Magnetresonanzsignalkomponenten enthalten und
 - 5 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Arrayantenne (1) mindestens zwei bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung (B0) oder einer Hochfrequenzfeldrichtung (B1) longitudinal angeordnete Antennenelemente (2) aufweist.
 - wobei die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) einem Bildrekonstruktionselement (6) zuführbar sind, von dem die Grundkombination (GK) und mindestens eine der Zusatzkombinationen zur Bildrekonstruktion (ZK1, ZK2) heranziehbar sind.
 - 10
12. Empfangsanordnung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) voneinander verschiedene Empfangssensitivitäten aufweisen und dass die Kombinationen (GK, ZK1, ZK2) zur Bildrekonstruktion mit ihrer jeweiligen Empfangssensitivität gewichtet heranziehbar sind.
- 15
13. Empfangsanordnung nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Grundkombination (GK) im Zentrum des Empfangsvolumens eine von Null verschiedene Empfangssensitivität aufweist.
 - 20
14. Empfangsanordnung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Grundkombination (GK) im Empfangsvolumen eine im wesentlichen ortsunabhängige Empfangssensitivität aufweist.
 - 25
15. Empfangsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) im Zentrum des Empfangsvolumens eine Empfangssensitivität von Null aufweisen.
 - 30
16. Empfangsanordnung nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) im Empfangsvolumen eine bezüglich einer Symmetriearchse (A) radial ansteigende Empfangssensitivität aufweisen.
 - 35
17. Empfangsanordnung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Empfangssensitivität einer (ZK1) der Zusatzkombinationen (ZK1, ZK2) im Empfangsvolumen im wesentlichen linear ansteigt.
 - 40
18. Empfangsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Arrayantenne (1) mindestens vier bezüglich einer Grundmagnetfeldrichtung (B0) azimutal angeordnete Antennenelemente (2) aufweist.
 - 45
- ,19. Empfangsanordnung nach einem der Ansprüche 11
- 50
20. Signalauswerteverfahren nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kombination (GK, ZK1) einer Anpassschaltung (14) zuführbar sind, mittels derer sie voneinander verschieden transformierbar sind.
 - 55
21. Empfangsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Antennenelemente (2) paarweise induktiv-kapazitiv voneinander entkoppelt sind.
 - 60
22. Empfangsanordnung nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Arrayantenne (1) zur paarweise induktiv-kapazitiven Entkopplung der Antennenelemente (2) voneinander ein Kondensatornetzwerk (4) aufweist.
 - 65
23. Empfangsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kombinationselement (5) als Butlermatrix (5) ausgebildet ist.
 - 70
24. Empfangsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass ihr ein Sender (13) zugeordnet ist, der über ein Verteilelement mit den Antennenelementen (2) verbunden ist, und dass ein von dem Sender (13) emittiertes Sendesignal von dem Verteilelement derart auf die Antennenelemente (2) aufteilbar ist, dass in das Empfangsvolumen ein Magnetresonanzanregungssignal eingespeist wird.
 - 75
25. Empfangsanordnung nach Anspruch 23 und 24,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verteilelement Bestandteil der Butlermatrix (5) ist.
 - 80
26. Empfangsanordnung nach Anspruch 24 oder 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Magnetresonanzanregungssignal im Empfangsvolumen eine im wesentlichen ortsunabhängige Anregungsintensität aufweist.
 - 85

FIG 1

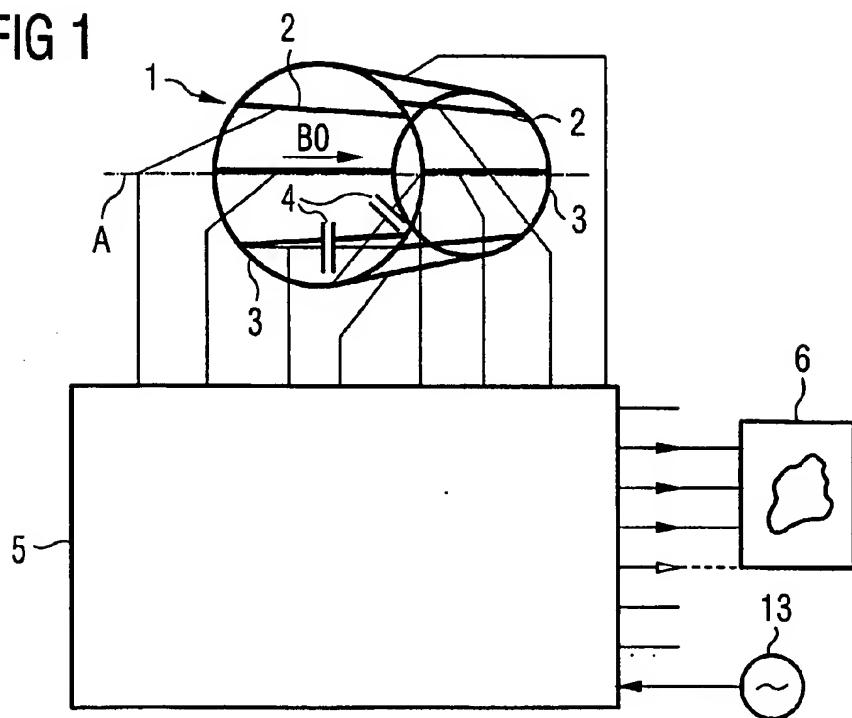


FIG 2

0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
0°	135°	270°	45°	180°	315°	90°	225°
0°	180°	0°	180°	0°	180°	0°	180°
0°	225°	90°	315°	180°	45°	270°	135°
0°	270°	180°	90°	0°	270°	180°	90°
0°	315°	270°	225°	180°	135°	90°	45°

FIG 3

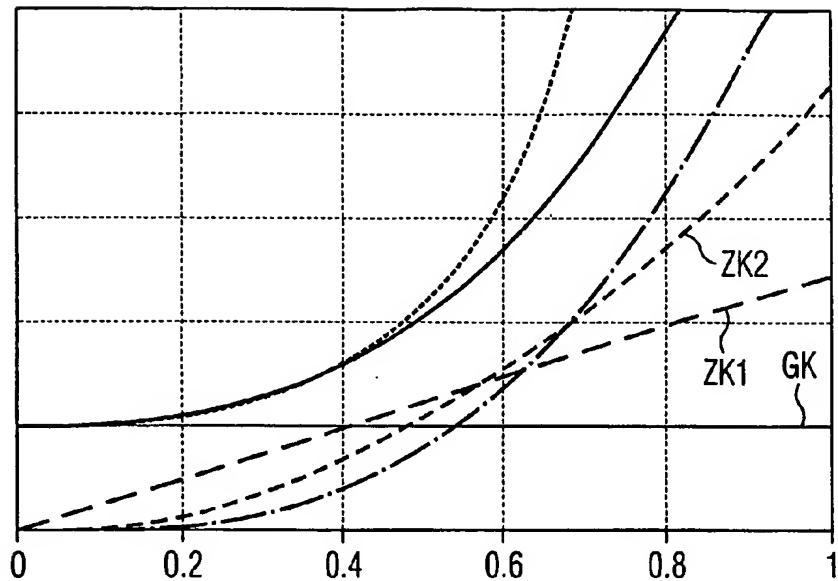


FIG 4

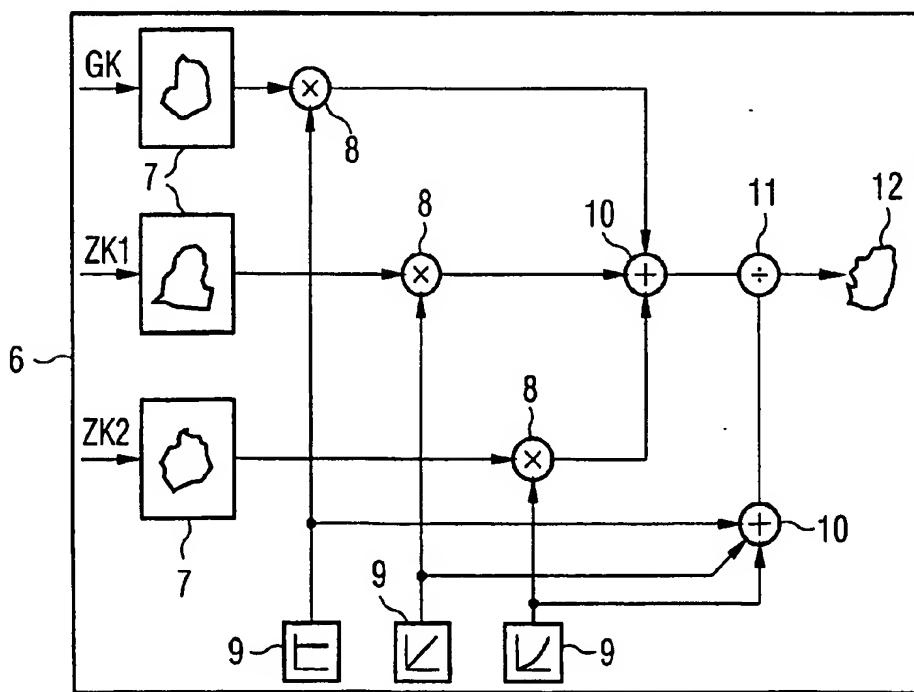


FIG 5

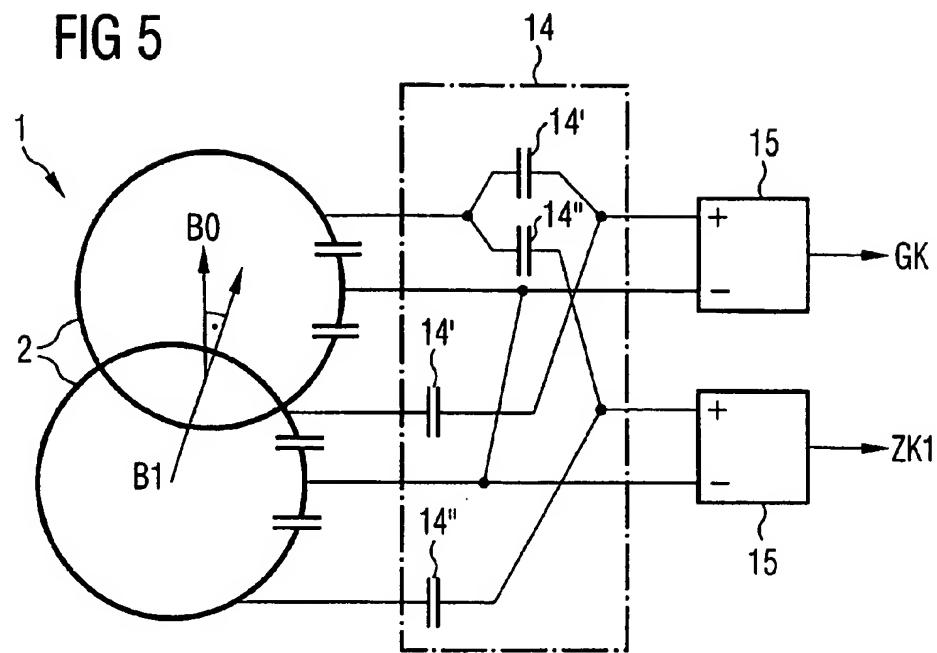
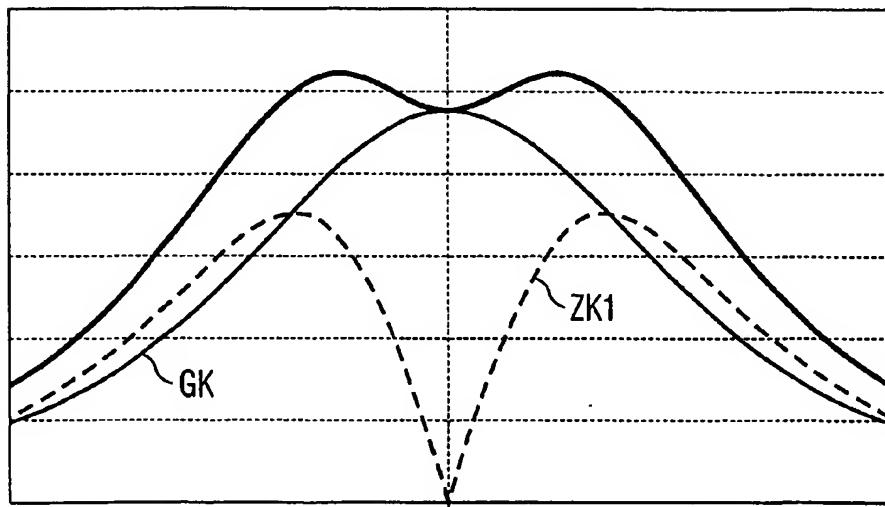


FIG 6



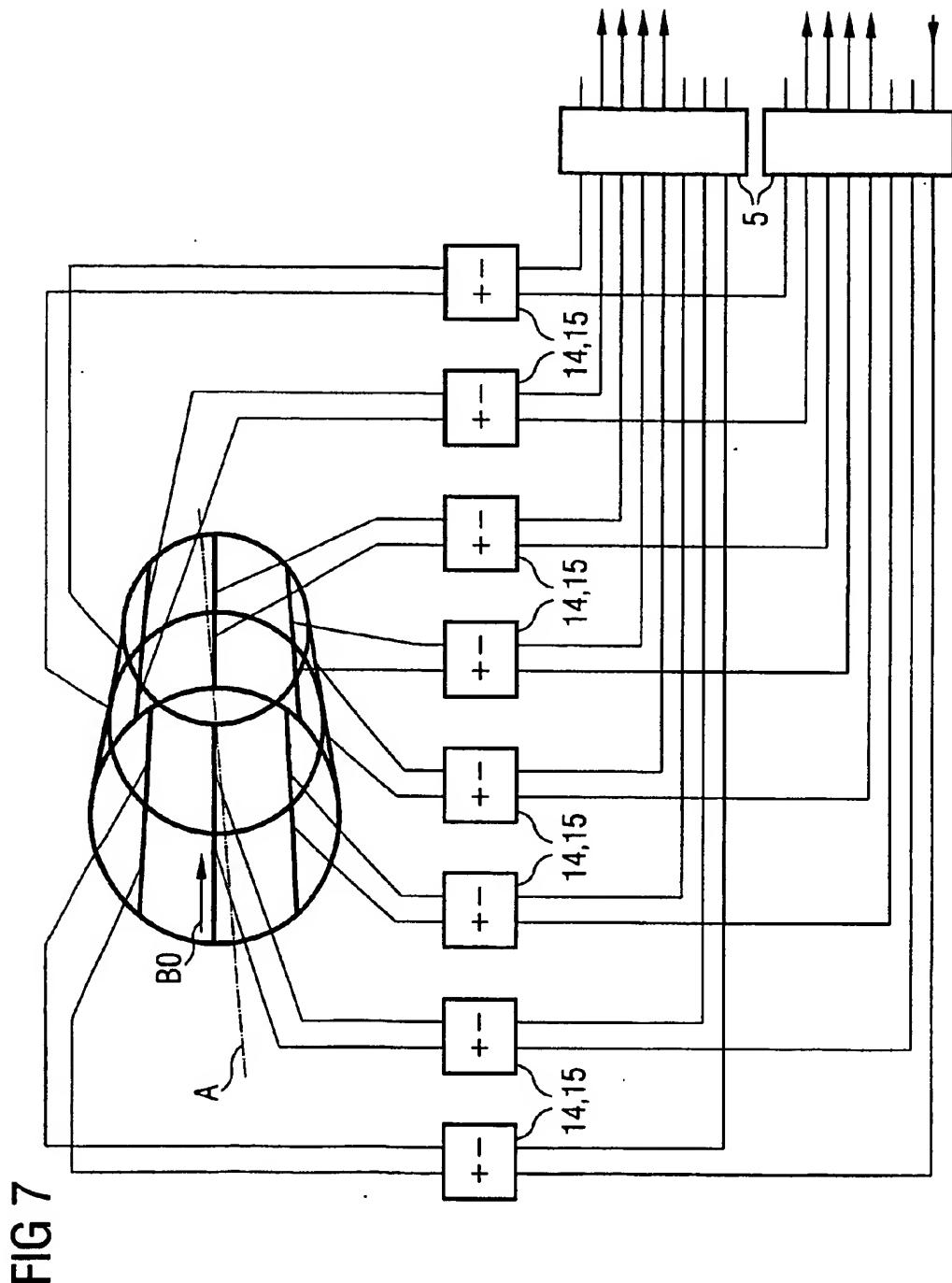


FIG 7